

S.A.A.C. - Sistema Automático de Asistencia al Cultivo

¹Di Luca Federico¹, Di Iasi Luis¹, Marengo Javier¹, Monguillot Matías¹,
Negri Juan¹, Bertone Rodolfo¹
fedecthd@hotmail.com,
javimarengo.89@gmail.com,
luisdiasi@gmail.com,
matiasmonguillot@gmail.com
rodolfo.bertone@ucalp.edu.ar

¹Facultad de Ciencias Exactas e Ingeniería
Universidad Católica de La Plata, UCALP Diagonal 73 esq. 47
1900 La Plata, Buenos Aires, Argentina

Resumen. Este artículo presenta una experiencia realizada en el marco de un proyecto de transferencia desarrollado dentro de la cátedra Proyecto de Sistemas de la carrera Ingeniería en Sistemas de Información de la Universidad Católica Argentina de La Plata.

El proyecto, denominado SAAC, Sistema Automático de Asistencia al Cultivo, describe un modelo experimental con una solución integral capaz de controlar de manera automática diferentes tipos de cultivos desde un dispositivo móvil Android. El resultado obtenido es una combinación eficaz de Hardware, Software e ideas innovadoras, que debido a una parametrización sencilla permite controlar y monitorear la temperatura, humedad, nivel de fertilizante en tierra e iluminación del cultivo, pudiendo modificar los parámetros censados de acuerdo a las necesidades propias definidas para cada tipo de cultivo y/o plantación y la situación climatológica imperante en el entorno.

Keywords: Control Automático, Android, Arduino, Micro Controlador, asistencia al cultivo

Introducción

En la actualidad, en la región del partido de La Plata, se puede percibir un constante incremento y desarrollo de la explotación agrícola y de floricultura en toda su extensión [1]. Este panorama trae arraigado nuevas necesidades, desafíos y profesionalización de la actividad en cuestión. Estas mejoras pueden analizarse desde varios puntos de vista. En particular, desde la perspectiva de la introducción de la Informática o del Control automático puede incorporar desde sistemas de riego automatizados, hasta nuevas tecnologías para la fertilización o adecuación del clima de invernáculo a fin de maximizar los resultados finales.

Para los agricultores o floricultores sería una situación ideal poder controlar su cultivo desde una computadora. Así, el tiempo de riego, la cantidad de agua, la forma en que el agua llega al cultivo, la cantidad de fertilizante inyectado o hasta la temperatura ideal puede controlarse de manera remota y a distancia a fin de maximizar la producción [2]. Esta optimización puede ir desde un pequeño invernáculo instalado en el patio de su hogar hasta una serie de invernáculos para la producción masiva como el control de cientos de hectáreas de cultivo.

El partido de La Plata en particular, en conjunto con los partidos de Ensenada y Berisso, todos en la provincia de Buenos Aires, han visto un incremento de la actividad agrícola y de floricultura desde la década del 80 del siglo pasado. En particular, desde comienzo del siglo XXI, el sector dedicados a las hortalizas [3] ha crecido en demanda enviando los productos generados a centros como Rosario, Córdoba, Mar del Plata y Bahía Blanca. Esto ha llevado al crecimiento del sistema productivo, mediante la instalación de nuevas granjas con mayor cantidad de invernáculos.

La zona platense no sólo está dedicada a la producción hortícola. El mercado de las flores [4] tiene un aumento de la producción notorio, tanto en la cantidad de nuevos emprendimientos, como en la ampliación de los existentes.

Sin embargo este crecimiento del mercado y de la producción no tiene un correlato evidente en la incorporación de la tecnología para monitorear y mejorar el comportamiento de los cultivos. Los nuevos invernáculos cuentan con riego integral, pero no en todos los casos el mismo está automatizado. La mayor automatización impuesta tiene que ver con el control de riego por tiempo mediante temporizadores. De esta forma, es posible lograr un control mínimo de humedad de las plantas, pero asociado a parámetros muy generales que no analizan de una forma la temperatura exterior ni las características del tipo cultivo.

La automatización en el control de cultivos es una actividad simple y económica de desarrollar. Se cuentan con dispositivos que permiten monitorear el medio ambiente y, teniendo asociado las necesidades de cada cultivo es posible controlar mejor los recursos como agua, fertilizante o calor.

Motivación

Teniendo en cuenta este contexto, desde la asignatura Proyecto de Sistemas de quinto año de la Ingeniería en Sistemas de Información, y como parte del trabajo final de la materia, se puso en práctica la iniciativa de generar un prototipo experimental con una solución sistémica-automatizada que proporcione una serie de respuestas controladas a los factores como humedad, calor y fertilización que puede necesitar productor frutihortícola en un contexto de uno o varios invernáculos.

De esta forma, se propuso el desarrollo una herramienta que se denominó SAAC (Sistema Automático de Asistencia al Cultivo). Este producto tuvo por objetivo generar en forma experimental, un entorno que permitiera controlar de forma segura y confiable parámetros tales como temperatura ambiente, humedad del suelo, humedad ambiente, luminosidad y fertilizantes de una vasta gama de cultivos. Además tenía como requerimiento base, permitir una configuración y parametrización amplia para responder a las necesidades específicas de cada tipo de cultivo.

El concepto a i mplantar con el desarrollo de SAAC es la gestión de plantaciones (hortícolas o de flores). Cada una de ellas con características y necesidades propias y parametrizables

Para desarrollar este modelo experimental se utilizó una plataforma de hardware libre denominada Arduino, con la cual se han controlado todos los módulos (Relé, DHT-22, HL-69, HC-06), y se desarrolló de una aplicación Android, desde donde se controla al hardware de acuerdo a los parámetros establecidos.

Arduino es una plataforma de código abierto basado en hardware y software de utilización simple. Una placa Arduino permite leer entradas, como por ejemplo la luz de un sensor, la activación de un botón o un estado cualquiera y convertirlo en una salida que produzca un efecto [5]. Para programar el microcontrolador de la placa, se utiliza el lenguaje de programación de Arduino (Wiring [6]), y el software de Arduino (IDE), basado en Processing [7] .

Arduino presenta una serie de características que lo hacen viable no solo para este proyecto experimental, sino que además pueden ser implantados en proyectos reales de mediana o gran envergadura. Algunas de estas características son [8] [9]:

- Costo. Las placas Arduino son relativamente económicas en comparación con otras plataformas de microcontroladores. Es posible ensamblar manualmente una versión económica por menos de us\$50.
- multiplataforma - El software de Arduino (IDE) se ejecuta en Windows, Macintosh OS X, y Linux. La mayoría de los sistemas de microcontrolador se limitan a Windows.

- Simple con entorno de programación clara - El software de Arduino (IDE) es fácil de usar, pero lo suficientemente flexible para los usuarios avanzados puedan generar aplicaciones complejas.
- Código abierto y el software extensible - El software de Arduino se publica como herramientas de código abierto, disponible para la extensión por los programadores experimentados.
- Código abierto y hardware ampliable - Los diseñadores de circuitos pueden hacer su propia versión del módulo, ampliándolo y mejorándolo, con más hardware.

Desarrollo realizado

Se confeccionó una maqueta para la simulación del proyecto que consiste en dos partes: una de hardware y otra de software.

Para la parte de hardware se armó una maqueta con acrílico dentro de la cual se colocaron a modo experimental macetas con plantas. Las macetas fueron rodeadas con mangueras que transportan agua y fertilizantes. En uno de los frentes de la maqueta se adhirió una caja con la placa controladora, y luego por cables y de manera externa otras dos cajas donde se realizó la conexión del Protoboard para conectar el módulo bluetooth, el módulo micro SD, la fuente de alimentación y los rele. La figura 1. presenta una foto del hardware.



Figura 1. Maqueta que simula el invernáculo

Se describen a continuación los componentes de hardware utilizados para el control automático de la maqueta de invernáculo construida:

- Arduino mega 2560, se seleccionó este componente debido a que puede considerarse el microcontrolador más capaz de la familia Arduino, además

posee una conexión USB que sirve como alimentación y como entrada para la programación, sumado a que tiene un bajo costo.

- Fuente de alimentación, fue diseñada y ensamblada con la finalidad de entregar 3 voltajes distintos: 5V, 9V y 12V, alimentando la placa de Arduino Mega 2560. El desarrollo de esta fuente de alimentación fue parte de otro trabajo de cátedra. De esta forma pudo ser construida reduciendo los costos de la misma
- Módulos Relé optoacoplador, fueron utilizados para activar/desactivar mediante una señal eléctrica los diferentes componentes del sistema, en este caso se utilizaron para las bombas de agua y fertilizante y para el encendido/apagado de la lámpara y los coolers refrigeradores.
- Módulo DHT-22, el cual tiene como finalidad obtener e informar la temperatura y humedad ambiente. Dicho elemento, está especialmente diseñado para interactuar con cualquier placa de micro-control de la familia Arduino. El módulo está compuesto por un integrado llamado AM2302, que es el encargado de llevar a cabo la tarea. Si bien este módulo puede sensar cada dos segundos como mínimo, en el caso del modelo realizado no generó problema. El rango de sensado tanto para temperatura como para humedad fue aceptable para el problema analizado.
- Módulo HL-69, tiene como finalidad obtener e informar la humedad del suelo. Nuevamente, este módulo interactúa con cualquier placa de microcontrol de la familia Arduino. Está compuesto por 2 partes: el sensor de humedad propiamente dicho (IL-69) y una placa electrónica de acondicionamiento de señal (IL-38).
- Módulo bluetooth HC-05, un módulo muy popular para aplicaciones con microcontroladores Arduino. Es un dispositivo de bajo costo y que se pueden adosar a cualquier microcontrolador. Es un módulo Maestro-Esclavo, quiere decir que además de recibir conexiones desde una PC o tablet, también es capaz de generar conexiones hacia otros dispositivos bluetooth, en particular teléfonos smart.
- Módulo adaptador micro SD card XX. Debido a que el arduino por sí solo no puede persistir los datos censados, se incorporó este módulo para que cada instantes de tiempo predeterminados se almacene información obtenida. Cuando el dispositivo móvil se conecta con el arduino, debe leer de la tarjeta de memoria para actualizar la base de datos.
- Timer para controlar el tiempo de encendido y apagado de la lámpara, desde el dispositivo móvil se parametriza el tiempo en segundos de cuanto debe estar prendida y/o apagada la lámpara.
- Por último tres elementos accesorios que fueron parte de invernáculo experimental
 - Lámpara halógena, para asegurar el aumento de la temperatura en caso de ser necesario, y en cierta forma emular los efectos de la radiación solar.

- Coolers de PC, para bajar la temperatura en caso de ser necesario.
- Bombas de pecera son controladas por el módulo Relé para el encendido y apagado, que permiten activar el riego y la fertilización.

Para la parte de software se trabajó sobre el IDE proporcionado por el arduino para la programación de la lectura de los sensores. En tanto que para la programación de la interfaz de usuario se utilizó el IDE android studio 1.4. Esta herramienta permite generar, probar y firmar aplicaciones, las cuales se pueden publicar para su descarga y utilización. Esta versión permite realizar un monitoreo más exhaustivo de recursos, ya sea CPU, GPU Y de red y, además, incorpora facilidades para interactuar con bases de datos.

La versión de Android utilizada para realizar el software y los modelos de simulación consecuentes fue Jelly Bean 4.1 o posterior, debido a que se contaba con esas versiones en los dispositivos móviles disponibles. La comunicación entre el dispositivo móvil y el Arduino se estableció vía bluetooth mediante el protocolo I2C proporcionado por el Arduino.

A partir de la maqueta se generó la simulación del sistema. Para ello se parametrizó desde el dispositivo móvil, los valores mínimos y máximos de cada uno de los sensores. Posteriormente, el sistema lee cada un Δ de tiempo (medido en segundos y parametrizable también), los valores arrojados por los sensores. Estos se comparan con los valores de referencia definidos en la Base de Datos para el cultivo (en el caso del experimento valores adecuados para las flores) y reaccionar según corresponda.

Se diseñó la aplicación para que en el dispositivo móvil se actualice en tiempo real la información obtenida desde los sensores. Asimismo, la información sensada es almacenada en una BD asociada para tener la trazabilidad de los valores obtenidos a lo largo del tiempo..

La Aplicación SACC.

La figura 2 presenta otra visión de la maqueta desarrollada. Se pueden observar los diferentes módulos Arduino y su interconexión con los dispositivos de riego y fertilización en la parte superior de la maqueta.

La aplicación desarrollada tiene varios módulos o componentes: seguridad, parametrización y monitoreo y toma de decisiones. La figura 3 muestra algunas capturas de la interfaz de usuario de la aplicación realizada.

El módulo de seguridad permite definir usuarios y el comportamiento que cada uno de ellos tendrá con el sistema y/o cultivo. De acuerdo a su perfil un usuario puede solo ver el historial del cultivo, modificar algún parámetro específico, ingresar nuevos tipos de cultivos o asociar (en un futuro) un cultivo a un área censada (actualmente solo es experimental y se dispone de una sola maqueta).

El módulo de parametrización que permite definir nuevos cultivos y sus características. El monitoreo de los sensores se realiza, como se indicó anteriormente, cada un Δ de tiempo preestablecido. A partir de los valores obtenidos, y luego de persistirlos en la Base de Datos, los mismos son comparados contra los parámetros del cultivo para tomar las decisiones adecuadas.

Una de las pruebas realizadas consistió en generar un cultivo de Pepinillos en las macetas de la maqueta. Alguno de los parámetros de simulación realizados fueron:

Cantidad de Luz: 5 segundos mínimo - 10 segundos de máximo

Temperatura: 22 grados mínimo - 29 grados máximo

Humedad Ambiente: 22 mínimo - 40 máximo

Fertilizante: 5 segundos mínimo - 10 segundos máximo

Humedad de suelo: 400 mínimo - 700 máximo

Se pudo comprobar que la aplicación controló y mantuvo dentro de esos valores cada uno de los parámetros durante una simulación realizada durante 96 hs.



Figura 2. Vista Trasera de la maqueta.

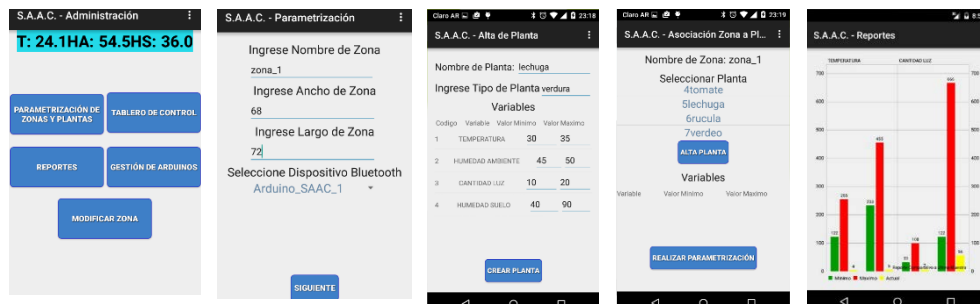


Figura 3. Vistas de SACC.

Conclusiones

S.A.A.C proporciona a los usuarios una herramienta capaz de obtener una mejor cosecha del cultivo. Para lograrlo administra de forma más eficiente los recursos relacionados con el problema. Estos recursos son: Agua, fertilizante y energía, dado que se controla la temperatura y humedad ambiente mediante lámparas y ventiladores.

Se diseñó una herramienta que independiza al usuario del mantenimiento del cultivo, ya que con sus sensores se puede abastecer al suelo y al ambiente de los componentes necesarios.

Desde el punto de vista de la aplicación, S.A.A.C le proporciona al usuario una vista general de todas las variables, siendo capaz de mostrar en tiempo real el valor de las mismas. Así también, permite obtener un historial de resultados para un parámetro determinado por el rango de tiempo deseado.

Las posibilidades de implantación en un entorno real son concretas. Se está trabajando con una cooperativa de la zona para implantar el prototipo dentro de algunos de sus invernáculos.

La ventaja más notoria que presenta el producto desarrollado es su economía. Cada componente Arduino tiene un costo bajo y, si bien en un invernáculo real es necesario plantar más cantidad de sensores, esto no encarece en demasía el problema dado que se logra aumentar la producción y reducir el costo en agua y fertilizante. Ahora, se agrega un factor importante como el uso más racional de la energía.

El proyecto fue desarrollado en el ámbito de una asignatura de la Carrera de Ingeniería en Sistemas de Información. Se alcanzaron todas las metas previstas pero además se contempló que en cohortes posteriores de alumnos, se generan mejoras en el producto. Se

detallan a continuación algunas de las mejoras previstas y que están siendo analizadas por la cohorte 2016 de la materia.

Implementación del módulo Wi-fi: Se puede implementar un módulo wi-fi en lugar del módulo de bluetooth para el envío y recepción de datos. De esta manera, el usuario podrá consultar el estado de las variables en cualquier momento.

Medición de altura de las plantas: Luego de una investigación realizada se llegó a la conclusión que para medir la altura de las plantas lo más recomendable es usar el sensor de distancia HC-SR04 que funciona mediante ultrasonido. La altura de la planta agrega el crecimiento como otro factor más para determinar la utilización de fertilizantes y agua.

- Cámara de fotos: Otra forma de medir las plantas, sería utilizando una cámara de fotos. Para un buen uso de este método se debe colocar una regla que quede de manera visible dentro de la maqueta. La cámara de fotos tomaría capturas cada determinado tiempo. De esta manera el usuario puede ir monitoreando el crecimiento del cultivo y su estado.
- Advertencia sobre comportamiento inusual de las variables: otra mejora posible es la implementación de un módulo en la aplicación que le avise al usuario sobre el comportamiento inusual de alguna/s de las variables. Ya sea porque el arduino se quedó sin batería o bien debido a que alguno de los sensores haya dejado de funcionar.

Bibliografía

1. <http://www.senasa.gov.ar/senasa-comunica/noticias/gran-la-plata-impulso-los-productores-en-la-inocuidad-de-los-cultivos-hortícolas>
2. http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-manual_de_cultivos_para_la_huerta_organica_familiar_.pdf
3. http://www.agro.unlp.edu.ar/sites/default/files/paginas/2008._manual_cinturon_horticola_la_plata_directora_mabel_vazquez.pdf
4. http://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/16537/mod_resource/content/4/GUIA%20FLORICULTURA%20ARGENTINA%202013.pdf
5. <http://www.arduino.cc>
6. <http://wiring.org.co>
7. <https://processing.org>
8. Arduino: a comprehensive starting up guide for complete beginners Kindle Edition
9. Exploring Arduino: Tools and Techniques for Engineering Wizardry 1st Edition ISBN-13: 978-1118549360